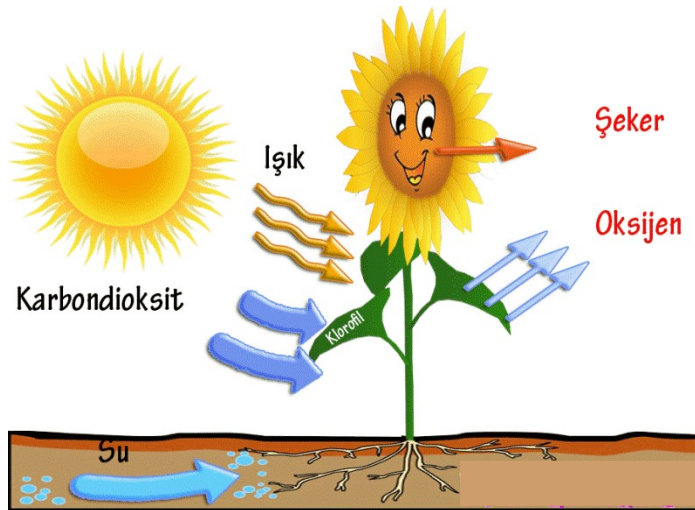


KARBONHİDRATLAR-I

Karbonhidratlar

- Yeryüzünde en yaygın bulunan biyolojik moleküllerdir.
 - Günlük diyetin önemli bir kısmını oluştururlar.
 - Karbonhidratların büyük çoğunluğu fotosentezle elde edilir.
- 
- A photograph showing a stack of sliced white bread and a bowl of soup, illustrating the presence of carbohydrates in food.



- $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Işık/Klorofil}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

Karbonhidratlar

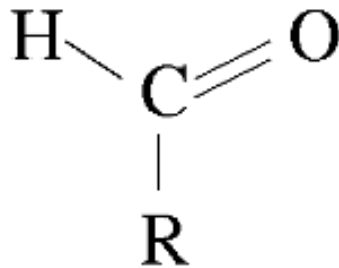
Görevleri

- Metabolik olayların gerçekleşmesi için gerekli enerjiyi sağlarlar.
- Enerji depolama molekülleri olarak görev yaparlar.
- Hücre duvarının yapısında yer alarak birçok mikroorganizmanın koruyucu kabuğunu oluştururlar.
- Karbonhidratlar, vücutta lipidlerin, bazı amino asitlerin, glikolipidlerin, glikoproteinlerin ve proteoglikanların ön maddesidir.
- Bazı karbonhidrat polimerleri, iskelet eklemlerini kayganlaştırırlar ve hücreler arası yapışmayı sağlarlar
- Hücre membranına bağlı bulunan karbonhidratlar, hücrelerarası haberleşmede ve hücrenin tanınması olaylarında görev yapmaktadırlar.

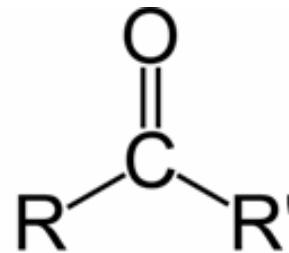
Karbonhidratlar

Tanım

- Karbonhidratlar **karbon**, **hidrojen** ve **oksijenden** oluşurlar.
- Karbonhidratlar aktif aldehid veya keton grubuna sahip polihidroksi alkollerin oluşturduğu maddelerdir



Aldehit Grubu



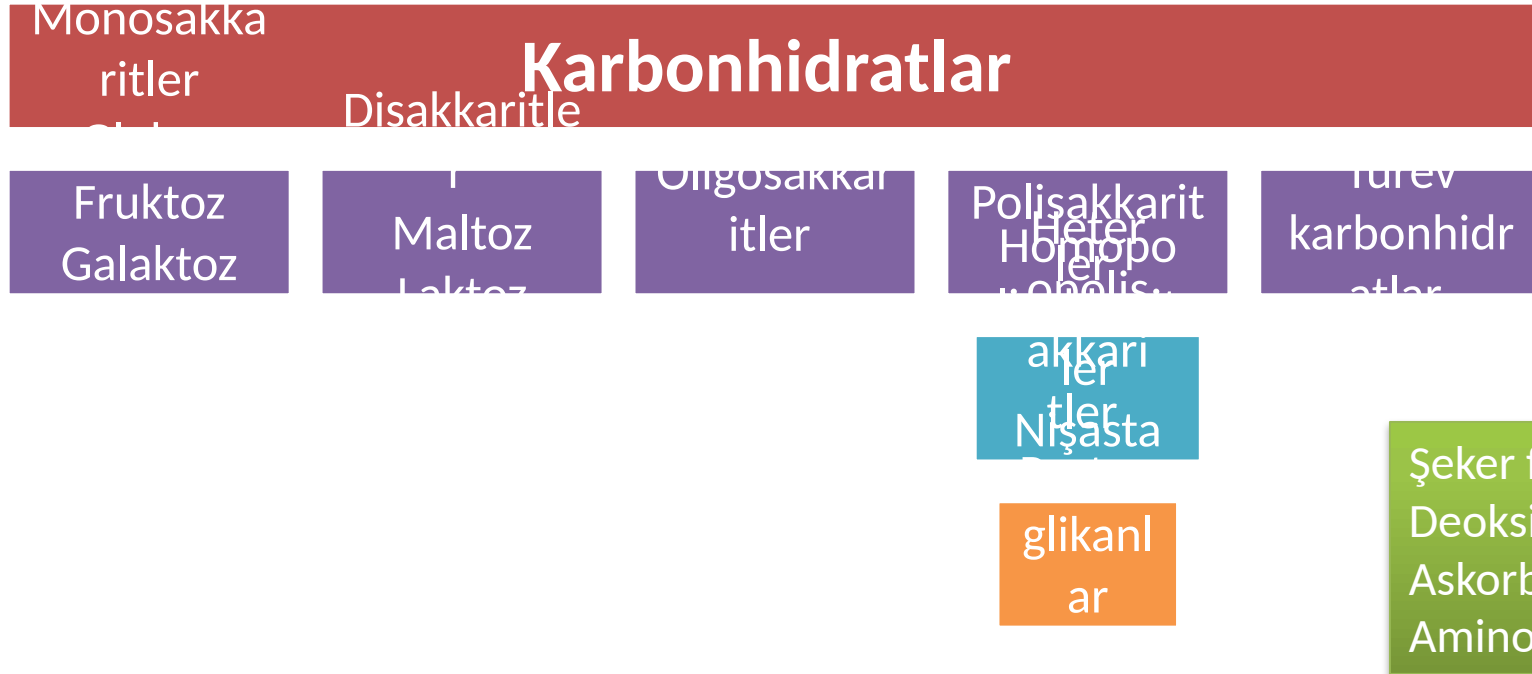
Keton Grubu

Karbonhidratlar

Sınıflandırılması

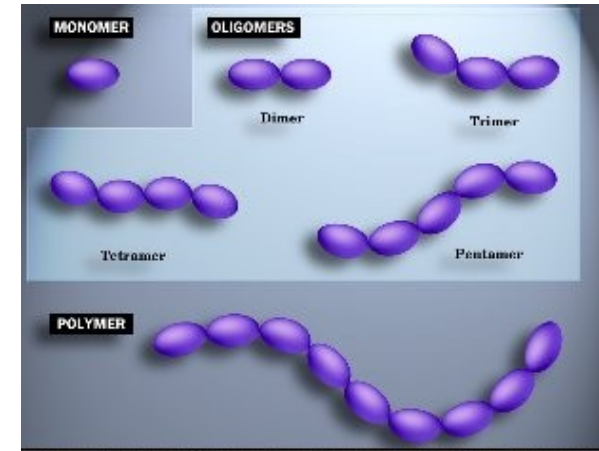
- Taşıdıkları **monomerik birim sayısına göre** adlandırılmaktadır.
- En küçük karbonhidrat birimi **monosakkariddir**.
- **Monosakkaridler**
 - $(\text{CH}_2\text{O})_n$ olan genel formülünde n sayısı 3-10 arasında değişmekte
- **Disakkaridler**
 - iki monosakkarid birimi
 - sakkaroz, maltoz, laktoz
- **Oligosakkaridler**
 - 2-10 karbonhidrat birimi
- **Polisakkaridler**
 - 10 ve daha çok karbonhidrat birimi

Sınıflandırılması



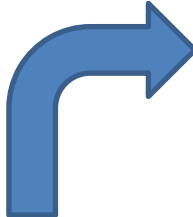
Monosakkaritler (Basit şekerler)

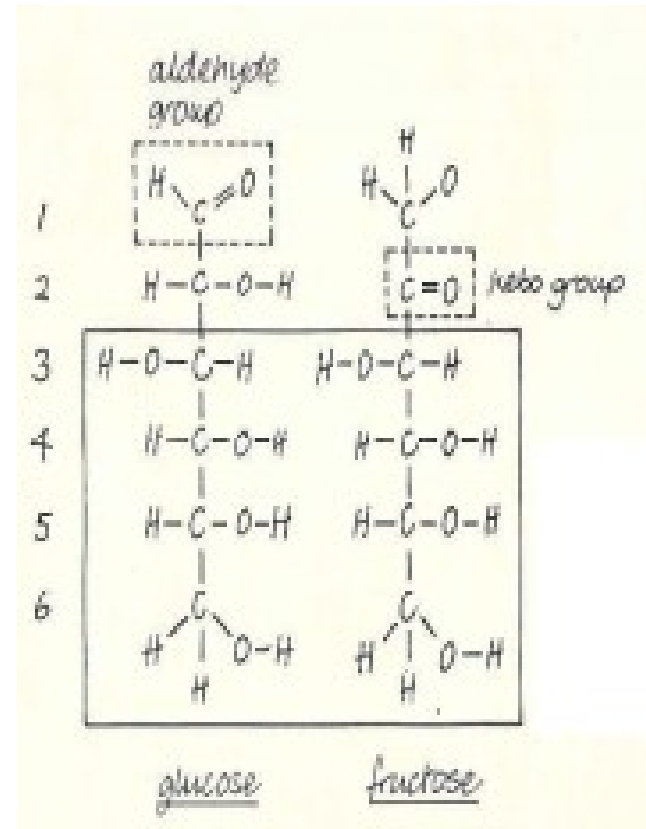
- Monosakkaritler, hidroliz yoluyla daha küçük moleküllü basit karbohidratlara ayrılmazlar; oligosakkaritlerin ve polisakkaritlerin alt ünitelerini oluştururlar.
- Renksiz, kristalli katılardır.
- Suda çözünürler, fakat nonpolar çözücülerde çözünmezler.
- Çoğu tatlıdır.
- Genel formülleri: $C(H_2O)_n$ n: 3-10 arasında değişmektedir.
- Taşıdıkları karbonil gruplarının türüne veya karbon sayılarına göre sınıflandırılmaktadır.



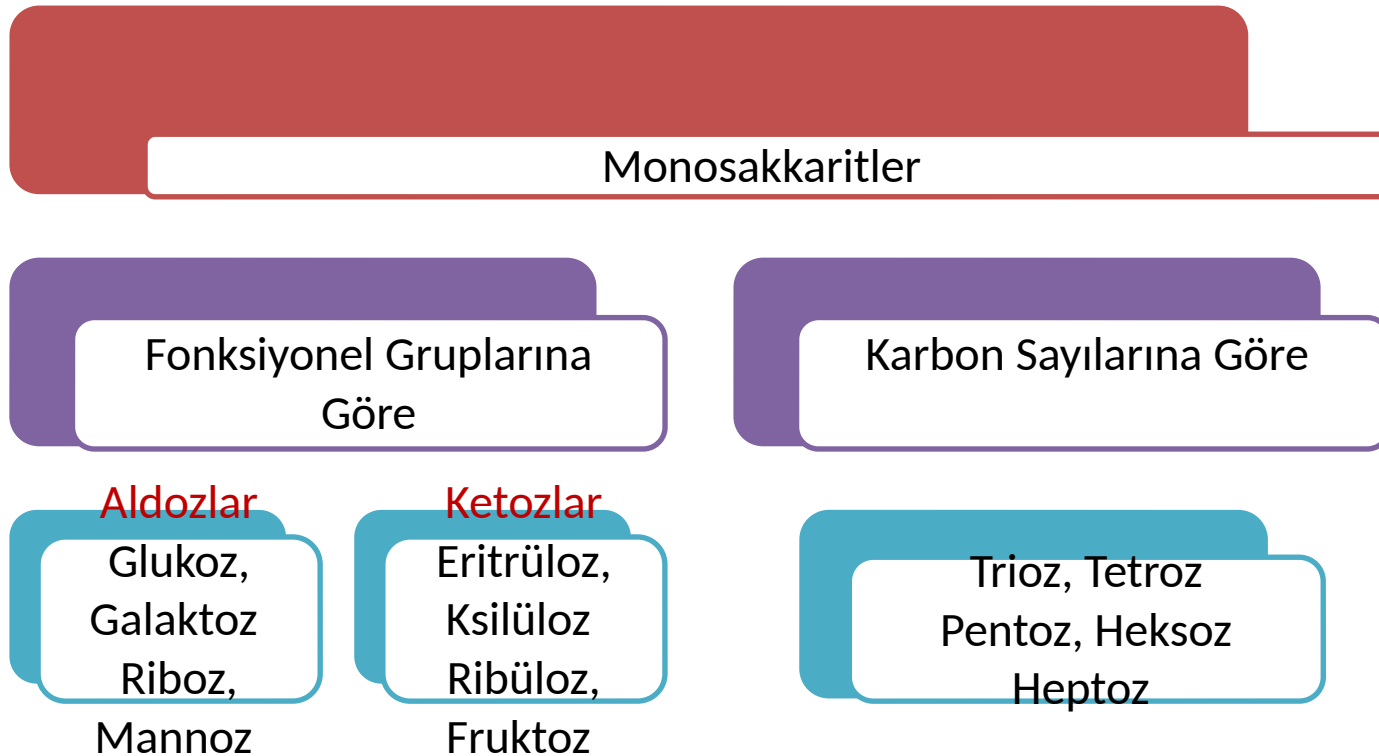
Monosakkaritler (Basit şekerler)

- $C_nH_{2n}O_n$ genel formülünde n karbon atomlarının sayısını gösterir.
- Karbon atomları ardışık olarak numaralandırılır, **aldehid veya keton grubu** en küçük sayılı **asimetrik karbon atomunun** üzerinde bulunur.


**Karbonların
numaralandırılması**



Monosakkaritlerin Sınıflandırılması



Foksiyonel Gruplarına Göre Sınıflama

- Karbonil grubu karbon zincirin bir ucunda ise, monosakkarit bir aldehittir ve **aldoz** olarak isimlendirilir.
- Karbonil grubu karbon zincirin bir ucunda değilse monosakkarit bir ketondur ve **ketoz** olarak isimlendirilir.
- Monosakkaritlerin isimlendirilmesinde **-oz** son takısı kullanılır.
- Heksozlardan en fazla bulunanları da gluk**oz**, frukt**oz**, galakt**oz** ve mann**oz**'dur.

Monosakkaritler

Glukoz (Dekstroz): Orta derecede tatlı bir aldoheksoz'dur

- Organizmada genellikle nişastanın yıkımı sonucunda ortaya çıkar
- Biyokimyasal yönden çok önemlidir. Kan şekeri deyince glukoz (70-100 mg/dl) anlaşılır.

Fruktoz (Levüloz): Meyve ve balda bulunan ketoheksozdur.

- Glikozdan daha tatlıdır.
- Bir trisakkarid olan rafinozun yapısına katılır.

Galaktoz: Sütte laktoz formunda bulunan aldoheksozdur.

- Serebrositlerin, gangliositlerin ve glikoproteinlerin yapısında yer alır
- Enerji için glukozla çevrilir. Tadı glukozdan daha azdır.

Monosakkaritler

Mannoz: Yiyeceklerde serbest halde bulunmayan bir aldoheksozdur.

- Çeşitli bitkilerdeki mannan olarak bulunur.
- Bazı proteinlerin (glukoprotein) yapı taşıdır.
- Hayvansal organizmada glikopeptitlerin, kan grubu maddelerinin yapı taşı olarak sıkça rastlanır.

Riboz:

- Aldopentoz olan riboz, nükleotitlerin ve nükleik asitlerin componentleridir.

Arabinoz: Arap zambının yapı taşıdır.

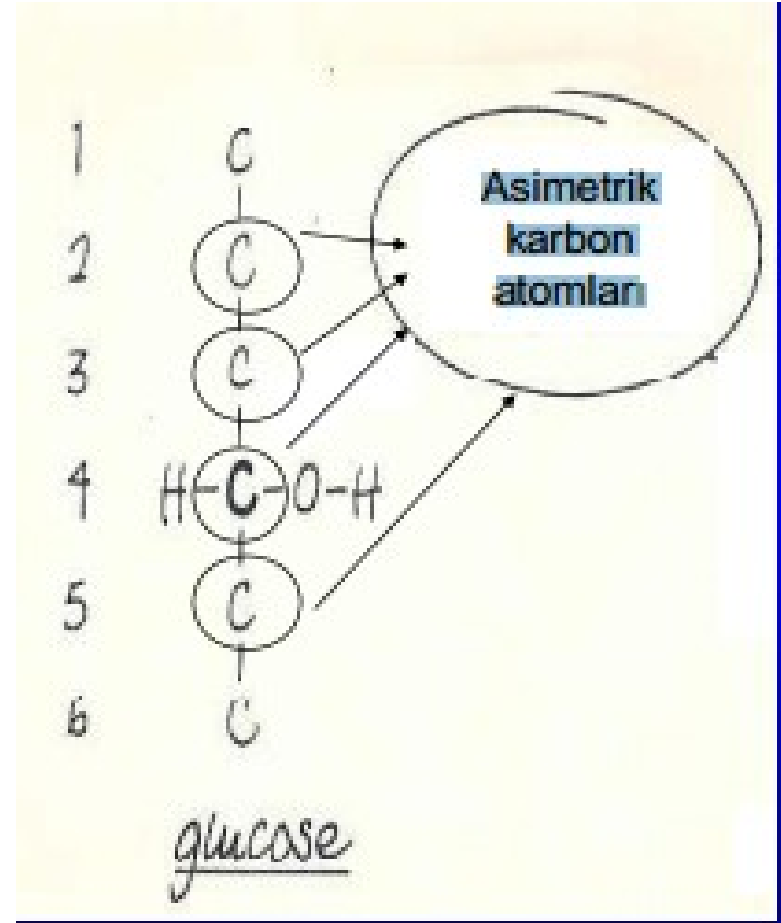
- Bitkilerde bulunur.

D-Ksiloz: Ağaç zambkalarında, proteoglikanlarda bulunur.

- D-ksilüloz üronik asit yolunda önemli bir ara maddedir.

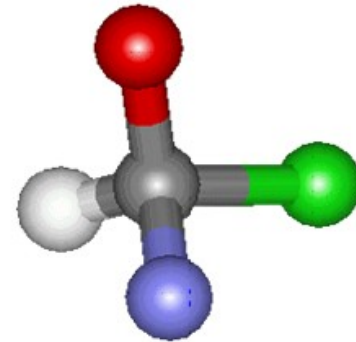
Asimetrik Karbon Atomu

- Tüm monosakkaritler, en az bir asimetrik karbon yani **dört değişik atom veya atom grubuna bağlı karbon** içerirler.
- Glukozda 2., 3., 4. ve 5. karbonlar asimetrik karbonlardır.



Monosakkaritlerin İzomerleri

- Aynı kimyasal formüle sahip monosakkaritler ($C_6H_{12}O_6$) (glukoz, galaktoz, fruktoz, mannoz) izomerler olarak tanımlanmaktadır.
- Karbon atomuna 4 farklı grup veya atomun bağlanması ile asimetrik C atomu ortaya çıkar.



- Asimetrik karbon atomu içeren molekül, uzayda farklı konfigürasyonlara sahip iki farklı formda bulunabilir ve bu formlar, molekülün stereoizomerleri olarak tanımlanırlar. Genel olarak, n sayıda asimetrik karbon atomu içeren bir molekülün 2^n sayıda stereoizomeri vardır.

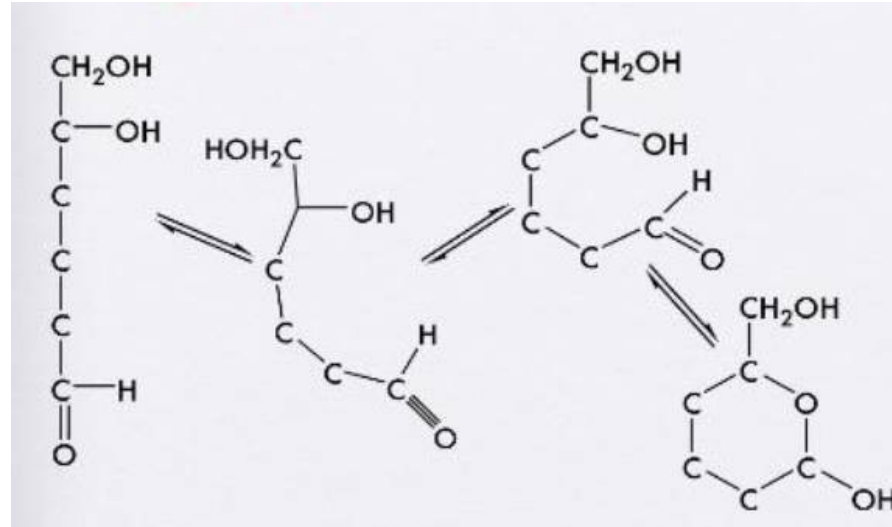
Doğada monosakkaritlerin çeşitli izomer formları vardır

- ✓ D- ve L-izomerler (enantiyomerler)
- ✓ Epimer şekerler
- ✓ Enol şekerler
- ✓ α - ve β - formları (anomerler)

- Enantiyomerler, Birbirinin ayna görüntüsüne sahip spesifik izomerler enantiyomerler olarak isimlendirilmektedir.
- Monosakkaritlerde D- ve L-izomerlerin ayrımı için, karbonil grubundan en uzak olan asimetrik karbon atomu referans alınır.
- Referans karbon atomu üzerindeki hidroksil grubu projeksiyon formülünde sağda ise monosakkarit D- izomerdir,
solda ise L- izomerdir

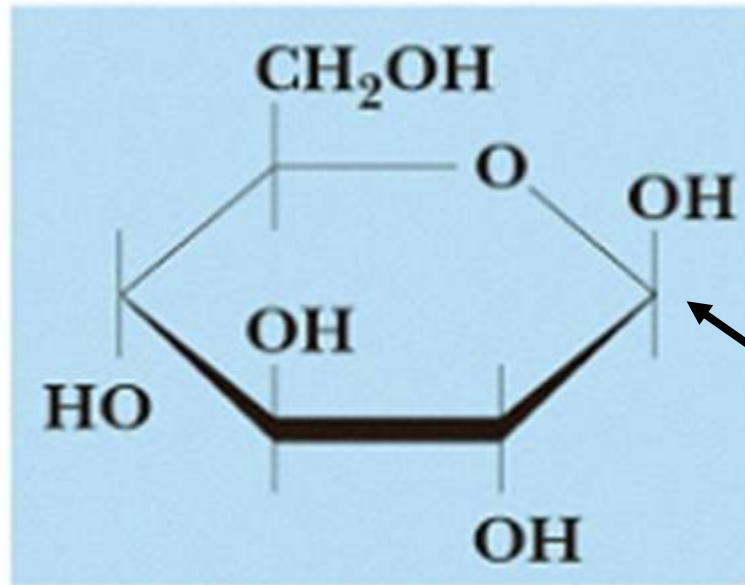
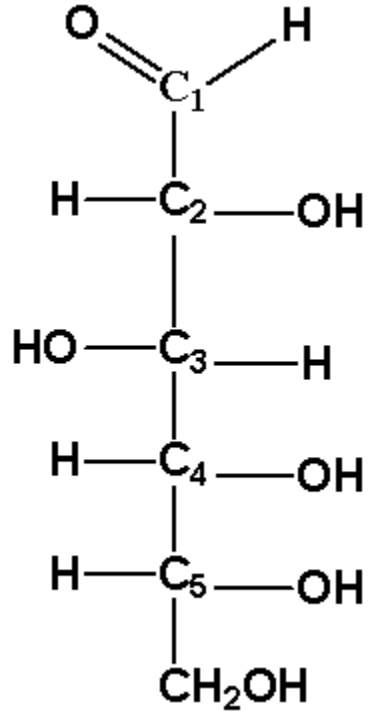
- Epimer şekerler yalnızca bir asimetrik karbon atomu etrafındaki konfigürasyon bakımından farklı olan iki monosakkarit
- Glukoz, altı karbonlu standart şekerdir. Glukozun C-2 de epimeri mannozdur; C-4'de epimeri ise galaktozdur
- Enol şekerler ismi, enolleşme (enolizasyon) ara basamağından geçerek birbirlerine dönüşebilen monosakkaritler için kullanılır
- Glukoz, mannoz ve fruktoz, enol şekerler olarak da bilinirler

- Monosakkaritlerin α - ve β - formları, 5 ve daha fazla karbonlu monosakkaritlerin sulu çözeltilerde halkalı yapılar meydana getirmeleri sonunda ortaya çıkar.



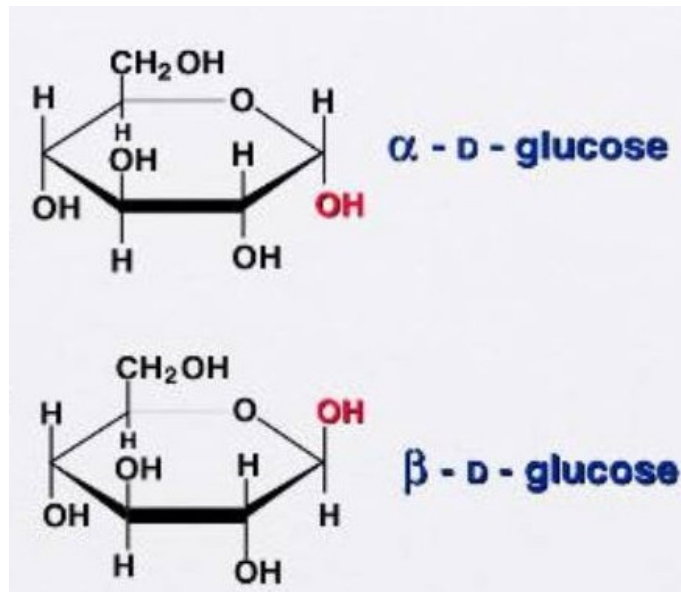
- Aynı monosakkarid molekülü içerisinde aldehid veya keton grubunun alkol grubu ile tepkimeye girmesi sonucu hemiasetal veya hemiketal halka yapısı oluşmaktadır.

- Bir molekülde bulunan asimetrik karbon atomlarının birinci karbonuna **anomerik karbon** atomu denir.



Anomerik karbon

- Monosakkaritlerin birbirlerinden yalnızca anomerik karbondaki konfigürasyon bakımından farklı α - ve β -formları anomerler diye adlandırılırlar



Anomerik karbon atomuna bağlı hidroksil grubu halka düzleminin altında ise α
üzerinde ise β
Olarak tanımlanmaktadır.

Monosakkaritlerin Genel Tepkimeleri

1. Glikozid Oluşumu

- Monosakkaritlerin yarı asetal $-OH$ grupları ile bir başka bileşiğin $-OH$ veya $-NH$ grubu arasında bir molekül su çıkışıyla oluşan bağa **glikozidik bağ** denir; oluşan bileşiklere **glikozidler** denir.
- Glikozidik bağ, monosakkaritlerin yarı asetal $-OH$ grupları ile alkollerin $-OH$ grupları arasındaki reaksiyonlaşma sonucu oluştuysa **O-glikozidik bağ** olarak tanımlanır;
- Glikozidik bağ, monosakkaritlerin yarı asetal $-OH$ grupları ile bir başka bileşiğin $-NH$ grubu arasında reaksiyonlaşma sonucu oluştuysa **N-glikozidik bağ** olarak tanımlanır;

1. Glikozid Oluşumu

- Glikozidleri meydana getiren karbonhidrat kısmına **glikan**
- Bir glikozidde karbonhidrat olmayan kısma **aglikan** denir.
- Bitkilerde yaygın olarak bulunan ve kalp glikozidleri olarak bilinen bileşiklerde (digoksin, digitoksin, gitoksin ve gitalin)
- **Glikan olarak;** glukoz, ramnoz, digitoksoz ve digitaloz,
- **Aglikan olarak;** metanol, gliserol, steroller, fenol, pürin ve pirimidinler yer almaktadır.

2. Ester Oluşumu

- Monosakkaritlerin OH gruplarının, asitlerin OH grupları ile reaksiyona girmesidir.
- Hücrelerde şekerlerin fosfatlı türevlerinin meydana gelmesine **fosforilasyon** denir. Bu reaksiyonlar için özel enzim ve koenzimler bulunur.

3. Eter Oluşumu

- Monosakkaritlerin OH gruplarında bulunan H'nin alkil grupları ile yer değiştirmesi reaksiyonudur.

4. Şeker Asitlerin Oluşumu

- Monosakkaritlerin oksidasyon (yükseltgenme) ürünleridir.
- Bu reaksiyon sırasında şeker, indirgen olarak etki gösterir; Ag^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} gibi iyonları indirger; böyle şekerler, indirgeyici şeker olarak tanımlanırlar:

4. Şeker Asitlerin Oluşumu

1. Aldozların aldehit grubunun bir karboksil grubuna dönüşmesi ile *aldonik asitler*
2. Primer alkol grubunun oksidasyonla karboksil grubuna dönüşmesi ile *uronik asitler*
3. Hem aldehit grubunun hem de primer alkol grubunun karboksil grubuna dönüşmesi ile de *aldarik asitler* oluşur.

5. Şeker Alkollerinin Oluşumu

- Aldozların ve ketozların indirgenmesi ile şeker alkollerini meydana gelir.
 - Aldozların indirgenmesinde bir tip, ketozların iki tip alkol oluşur.
-
- Glikozdan → Sorbitol
 - Mannozdan → Mannitol
 - Fruktozdan → Sorbitol
→ Mannitol

6. Deoksi Şekerlerin Oluşumu

- Bu şekerler, piranoz ve furanoz halkalarındaki bir veya daha fazla hidroksil grupları yerine hidrojen gelmiş bileşiklerdir.
- 2. veya 6. Karbon atomlarında oksijen bulunmaz.

7. Amino Şekerlerin Oluşumu

- Bir monosakkaritteki bir hidroksil grubunun bir amino grubu ile yer değiştirmesi sonucu oluşmuş bileşiklerdir.
- Glukozamin, galaktozamin ve mannozaminde ana bileşikteki C-2'na bağlı hidroksil, amino grubu ile yer değiştirmiştir.

8. Enolizasyon

- Bir karbon atomundan komşu karbonil grubunun oksijenine bir protonun göç etmesi ile doymamış bir alkol yani enol oluşması olayıdır.
- Glukoz, mannoz ve fruktoz, hafif alkali ortamda enol biçimleri üzerinden birbirlerine dönüşürler.
- Sadece 1. ve 2. C'larındaki konfigürasyonlar farklı olan bu şekerlere enol şekerler denir.

9. Dehidratasyon

- Yoğun asit ortamlarda kaynatılmakla monosakkarit molekülünün üç molekül su kaybetmesi olayıdır.
- Bunun sonucunda pentozlardan furfural, heksozlardan 5-hidroksi metil furfural meydana gelir

10. Osazon oluşumu

- Monosakkaritin 1. ve 2. C atomlarına fenil hidrazinin bağlanmasıyla karakteristik kristalli osazonlar oluşur.
- Glukoz, fruktoz ve mannoz, yalnızca 2. C'daki konfigürasyon bakımından farklı oldukları için sarı renkli ekin demeti görünümünde aynı osazon kristallerini oluştururlar.
- Galaktozun 4.C'undaki konfigürasyon farklıdır. Bu nedenle galaktozun oluşturduğu osazon kristalleri, diğerlerinkinden farklı olarak koyu sarı renkte at kestanesi görünümündedir.
- Osazon kristallerinin incelenmesi, galaktozun tanınmasında kullanılır.

10. Osazon oluşumu

- Monosakkaritin 1. ve 2. C atomlarına fenil hidrazinin bağlanmasıyla karakteristik kristalli osazonlar oluşur.
- Glukoz, fruktoz ve mannoz, yalnızca 2. C'daki konfigürasyon bakımından farklı oldukları için sarı renkli ekin demeti görünümünde aynı osazon kristallerini oluştururlar.
- Galaktozun 4.C'undaki konfigürasyon farklıdır. Bu nedenle galaktozun oluşturduğu osazon kristalleri, diğerlerinden farklı olarak koyu sarı renkte at kestanesi görünümündedir.
- Osazon kristallerinin incelenmesi, galaktozun tanınmasında kullanılır.

DİSAKKARİDLER
OLİGOSAKKARİDLER
POLİSAKKARİDLER

Disakkaridler

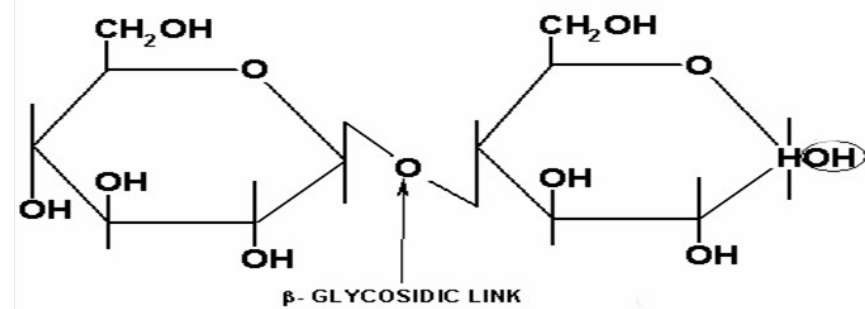
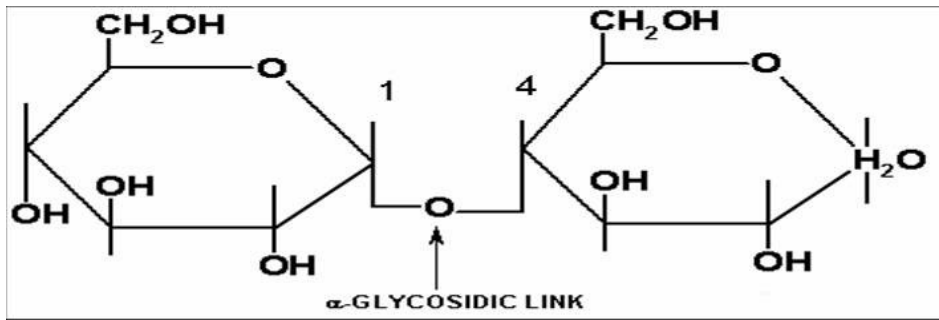
$$[C_n(H_2O)_{n-1}]$$

- İki monosakkarid biriminden bir mol su ayrılması ile oluşan karbonhidratlardır.
- İki monosakkarid arasında kovalent yapıdaki bağ glikozidik bağ olarak adlandırılmaktadır (bazlara karşı dayanıklı asitlere karşı dayanıksız).
- Bir monosakkarid molekülünün anomerik karbon -OH grubu ile diğer bir monosakkarid molekülünün -OH grubu ile reaksiyonlaşması sonucu oluşan O-glikozidik bağ vasıtasıyla birbirine bağlanan bileşiklerdir.



Disakkaridler

- Glikozidik bağlar α ve β olmak üzere iki şekildedir.
 - Glikozidik bağın tipini, C-1'deki -OH grubunun pozisyonu belirler.
 - C-1'deki -OH grubunun pozisyonu α pozisyonu ise α -glikozidik bağ, β pozisyonu ise β -glikozidik bağ oluşur.
- Glikozidik bağın oluşması 1.C'na asimetric özellik kazandırmaktadır.



Disakkaridler

- Maltoz
- Laktoz
- İzomaltoz
- Sakkaroz
- Sellobioz
- Trehaloz

Maltoz

- İki **D-glukoz** biriminin glikozidik bağla bağlanması sonucu oluşur.
- Doğada **serbest halde bulunmaz**, Nişastanın yapısında yer alır.
- Serbest yarı asetal hidroksili içerdiğinden **indirgeyici** özelliktedir.
- Maltoz, **oldukça tatlıdır** ve suda kolaylıkla çözünür.

Laktoz

- Süt şekeri olarak bilinir. 
- 1 mol D-glukoz ile 1 mol D-galaktozun β (1 4) glikozidik bağı ile bağlanması sonucu oluşur.
- Yapısında yer alan glukozun serbest aldehid grubundan dolayı laktoz indirgendir.

İzomaltoz

- Nişasta ve glikojenin dallanma noktalarında bulunan bir disakkarittir.
- 2 mol glukozun $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glikozidik bağla bağlanmasıyla oluşur.

Sakkaroz (sükroz)

- Çay şekeri olarak bilinir.
- Ticari olarak şeker kamışı ve şeker pancarından üretilmektedir.
- Bir glukoz molekülü ile bir fruktoz molekülünün $\text{Glc}(\beta 1 \rightarrow 2)\text{Fru}$ biçiminde kondensasyonu ile oluşmuş bir disakkarittir.
- Yapısındaki birimlerde serbest aldehit grubu bulundurmadığından indirgen değildir.
- Hidrolizi ile oluşan glukoz-fruktoz karışımı invert şeker olarak adlandırılır.
- Balda bulunan invert şeker sakkarozdan daha tatlıdır.

Sellobioz

- İki glukoz molekülünün $\text{Glc}(\beta 1 \rightarrow 4)\text{Glc}$ biçiminde kondensasyonu ile oluşur.
- Doğada serbest olarak bulunmaz; **sellüloz polisakkaridinin disakkarit birimidir.**
- **Suda kolay çözünür ve indirgeyici özelliktedir.**

Trehaloz

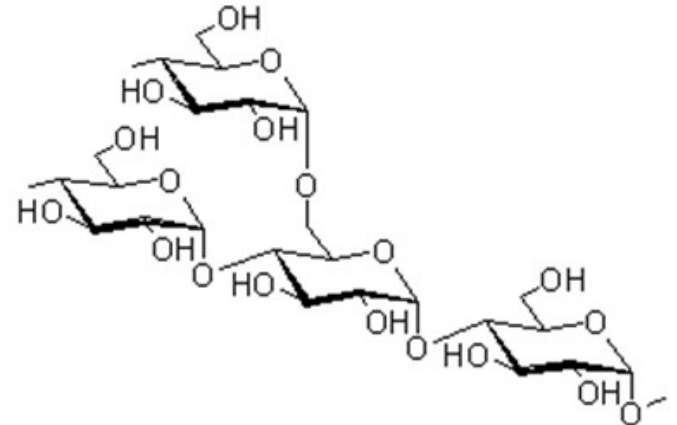
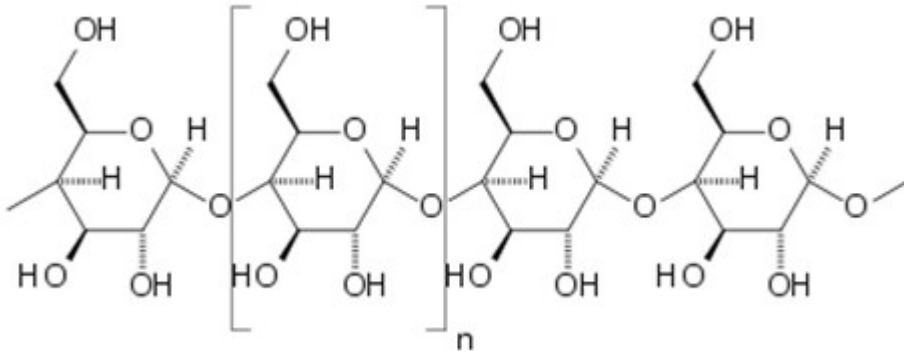
- İki glukoz molekülünün ($\alpha 1 \longrightarrow 1$) glikozidik bağla birbirine bağlanması sonucu oluşur.
- Her iki glukozu ait anomerik karbon bağ yapımına katıldığı için bu disakkaridin indirgeme özelliği yoktur.

Oligosakkaridler

- İki'den fazla (2-10) monosakkaridin glikozidik bağla bağlanması ile oluşan karbonhidratlardır.
- Bir kısmı soğan, sarımsak, kuşkonmaz, enginar ve domates gibi bitkilerde doğal olarak bulunur, bir kısmı ise polisakkaridlerin asidik ve enzimatik hidrolizi veya transglikozilasyon tepkimeleri ile meydana gelir.
- Oligosakkaritler, ince bağırsakta hidrolize veya absorbe edilemezken, kolon bölgesinde özellikle *Lactobacillus* spp. ve *Bifidobacterium* spp. tarafından fermente edilebilmekte ve prebiyotik özellik göstermektedirler.
- Prebiyotikler, bağırsaklarda sınırlı sayıda yararlı mikroorganizmanın çoğalma veya aktivitesini arttıran ve sindirilmeyen oligosakkaritlerdir.

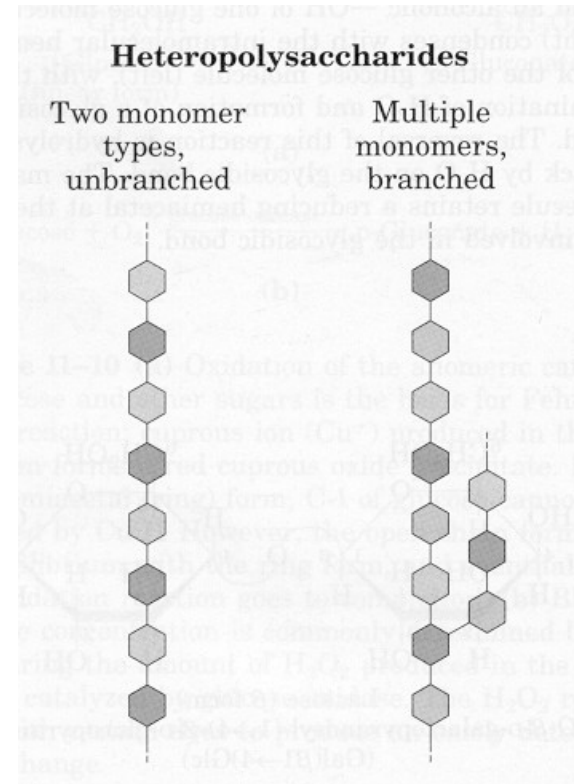
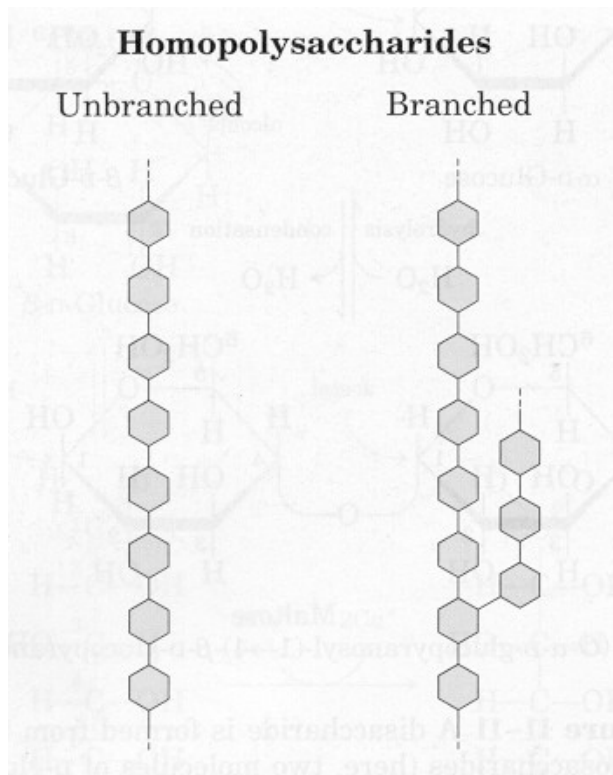
Polisakkaridler

- Çok sayıda monosakkaridin glikozidik bağla bağlanması sonucu **glikanlar** olarak da bilinen Polisakkaridler meydana gelmektedir.
- Monosakkaridlerin polimerizasyonu ile oluşan polisakkaridlerin genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ şeklindedir.
- Polisakkaridlerin sistematik isimlendirilmesinde, yapıya katılan monosakkaridin adının sonundaki “ose” eki kaldırılır yerine “an” eki konur.
- Örneğin; bir D-mannose veya L-mannose’dan kurulmuş polisakkaride **mannan** denir.



Polisakkaridler

- **Homopolisakkaritler** (nişasta, glikojen, selüloz)
 - Aynı cins monosakkaridlerden oluşur.
- **Heteropolisakkaritler** (mukopolisakkaritler, proteoglikanlar vb)
 - İki veya daha fazla farklı monosakkaridden oluşanlara denir.



Homopolisakkaridler

Nişasta

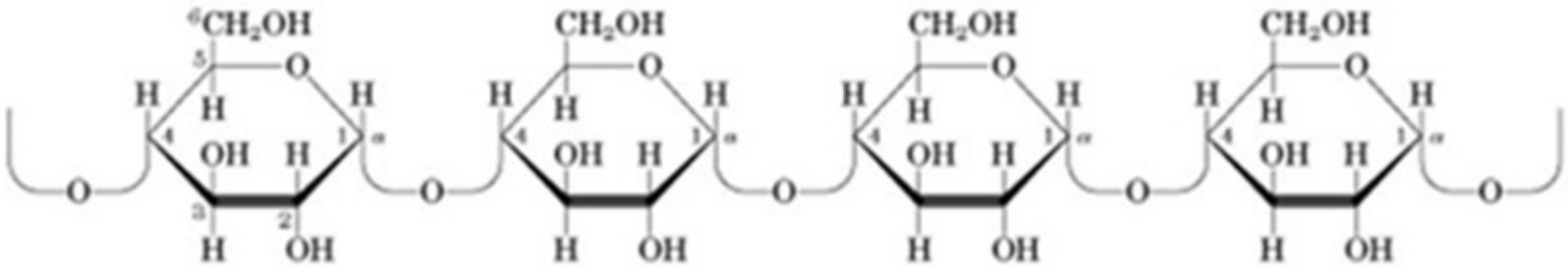
- Bitkilerde karbonhidratların depo şeklidir.
 - Kök, gövde ve tohumlarda fazla olmakla birlikte bitkinin bütün kısımlarında bulunur.
- Yapısal monosakkaridi glukozdur.
- Amiloz ve amilopektin olmak üzere 2 tip glukoz polimeri ünite içerir.

Homopolisakkaridler

Nişasta

Amiloz

- Nişastanın yapısında % 15-20 kadar bulunur.
- $\alpha(1 \rightarrow 4)$ bağlarıyla birbirine bağlanmış glukoz ünitelerinin uzun zincirlerinden oluşmuş polimeridir.
- Dallanma göstermez.
- Suda heliks şekli oluşturur, İyot bu heliksin ortasına girerek karakteristik mavi renk görünmesine neden olur.



Homopolisakkaridler

Nişasta

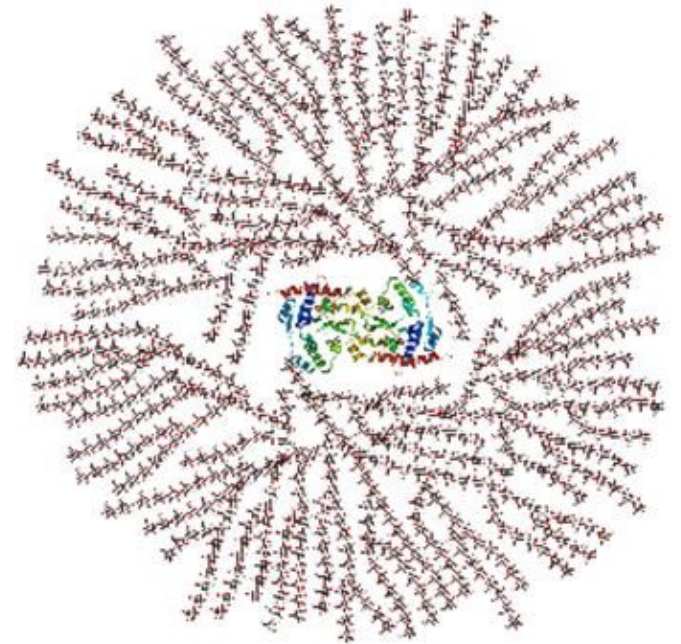
Amilopektin

- $\alpha(1 \rightarrow 4)$ bağlarıyla birbirine bağlanmış glukoz ünitelerinin uzun zincirlerinde her 20-30 glukozda bir dallanma gösteren polimerdir.
- Dallanma noktalarındaki bağ $\alpha(1 \rightarrow 6)$.
- Suda çözünmeyen ancak miçeller oluşturabilen ve iyotla kırmızı menekşe renk verir.

Homopolisakkaridler

Glikojen

- Hayvan hücrelerinde **depo homopolisakkaritidir.**
- İnsan vücudunda en fazla **kas** ve **karaciğerde** bulunur.
- Amilopektin'e benzer fakat daha fazla dallanma gösterir.
- Her **8-12 glukoz biriminde bir dallanma** gösterir.
- **İyot ile kırmızı menekşe renk verir.**



Homopolisakkaridler

Dekstrin

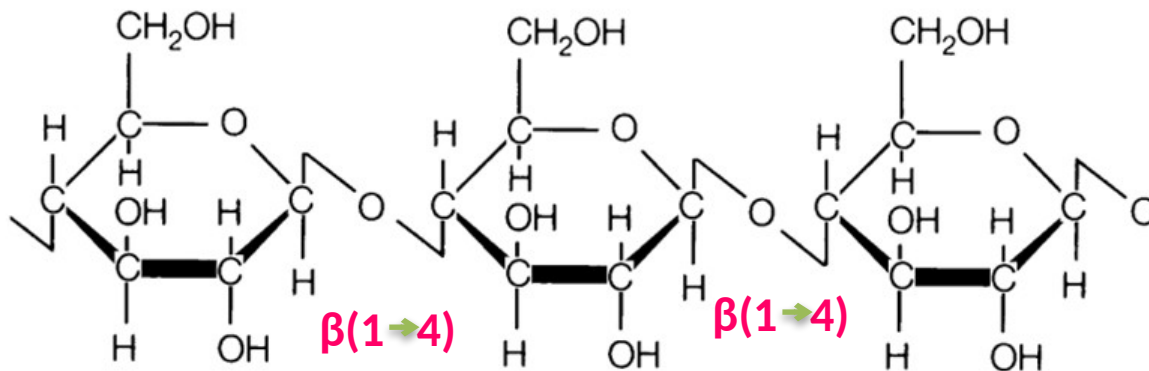
- Nişastanın parçalanması sırasında ortaya çıkan ara üründür.
- Yapışkan yapıdadır, bebek mamalarında kullanılır.



Homopolisakkaridler

Selüloz

- Bitkilerin destek maddesini oluşturur ve temel birimi glukozdur.
- Glukoz birimlerinin $\beta(1 \rightarrow 4)$ glikozidik bağla bağlanmaları sonucu düz zincirler oluşur ve bu zincirler paralel dizilerek selülozu oluşturur.
- Zincirler arası H bağları ile yapı kuvvetlendirilir.



Selüloz

Homopolisakkaridler

Selüloz

- Suda çözünmez. Çok konsantre asidlerle ısıtılarak hidroliz edilebilir.
- Hidrolizi sonucu iki glukozdan meydana gelen **sellobiyoza** kadar parçalanır.
- Sindirilemez (β -glikozid bağı parçalayan enzim yok).
- Yapısal homopolisakkarittir.

Homopolisakkaridler

İnülin

- D-fruktoz birimlerinin $\beta(1 \rightarrow 2)$ bağları ile bağlanması sonucu oluşan karbonhidrat polimerleridir.
- Sıcak suda kolayca çözünebilmektedir.
- Çeşitli bitkilerin köklerinde, enginar, soğan, sarımsak gibi bitkilerin yumrularında bol miktarda bulunur.
- İnsan vücudunun bakteriyel mikroflorası aracılığıyla kalın bağırsaklarda fermente edilirler ve mikroorganizmaların sağlıklı büyümesini desteklerler.

Homopolisakkaridler

Kitin

- Böcekler ve bazı kabukluların dış iskeletinin yapısal bileşenidir
- N-asetil-D-glukozamin $\beta(1 \rightarrow 4)$ birimlerinden meydana gelir
- Suda çözünmez.

Diğer Homopolisakkaridler

- Galaktoz ünitelerinden oluşan **galaktanlar**, mannoz ünitelerinden oluşan **mannanlar**, pentoz ünitelerinde oluşan **pentanlar** ile **galakturonik ve mannuronik asit polimerleri** de homopolisakkaritlerdendirler.

Agar agar

- Bazı deniz yosunlarında elde edilen ve galaktoz birimlerinden oluşan polisakkariddir.
- Üniteler 1-3 glikozidik bağlarla bağlanmıştır. Yapısında bir miktar sülfat da bulunur.
- **Mikrobiyolojik kültür ortamı** hazırlanmasında kullanılır.

Diğer Homopolisakkaridler

Dekstranlar

- D-glikoz moleküllerinin α -1,4-glikozidik bağlarla birleşmiş, düz zincirli bir yapıdır. Bazı türlerde α -1,4 veya α -1,3 bağlarıyla dallar eklenmiştir.
- Mikroorganizmaların sakkaroz üzerine etkileri sonucu meydana gelirler.

Diğer Homopolisakkaridler

Mannanlar

- **Mannozun** polimerizasyonu ile oluşur.
- Keçi boynuzunda, hindistan cevizinde, mayada, mantarlarda ve bakterilerde bulunur.

Pektinler

- D-Galakturonik asit ünitelerinin $\alpha 1 \rightarrow 4$ glikozidik bağlarının en az 200 defa tekrarlamasıyla oluşmuşlardır.
- Pektin, sıcak seyreltik asitlerle hidroliz edildiğinde **pektik asit** ve **metanole** ayrılır; heteropolisakkarit olarak da incelenir.
- Özellikle turunçgillerin meyvalarında, elma, pancar ve havucun hücre duvarlarında sellüloz ile birleşmiş olarak yer alırlar.

Heteropolisakkaridler

- Tüm organizmalar için ekstrasellüler destek sağlar.
Üç ana sınıfa ayrılır.
- Glikoproteinler
- Glikolipidler
- Proteoglikanlar

Heteropolisakkaridler

Glikoproteinler

- Oligosakkaritler ile proteinlerin birleşmesinden oluşur.
- Yapı ve fonksiyon yönünden oldukça çeşitlilik gösterir.
- Hücre membranı, intrasellüler matriks ve hücre dışı sıvıların önemli bileşenleridir.
- Proteinlerin büyük bir kısmını oluştururlar.
- Karbonhidrat kısmında 7 çeşit monosakkarid bulunur.

Heteropolisakkaridler

Glikolipidler

- Alkol grubu üzerinde glukoz veya galaktoz birimlerinden bir veya daha fazlasını taşıyan **lipid türevlerine** denir.
- Hücreler arası iletimden sorumludurlar.
- Beyin, karaciğer, timus, böbrek, adrenaller ve akciğerlerde bulunan serebrozidler en önemli glikolipidlerdir.



Sfingozin+ Uzun zincirli ya+Galaktoz

Heteropolisakkaridler

Proteoglikanlar

- Farklı yapılarda yüksek molekül ağırlıklı kompleks bileşiklerdir.
- En az bir glikoaminoglikanın (mukopolisakkarid) kovalent olarak bağlandığı merkezi bir protein taşıyan polianyonik bileşiklerdir.
- Ekstrasellüler matriksin önemli bileşenidirler.

Heteropolisakkaridler

Proteoglikanlar

Hiyalüronik asit

- Glukuronik asit ile N-asetil-glukozamin birimlerinin $\beta 1 \rightarrow 3$ ve $\beta 1 \rightarrow 4$ bağları ile birleşmeleriyle oluşan heteropolisakkarittir:
- Bağ dokusu, kıkırdak, sinovyal sıvı, göz içi sıvısı ve deride yaygın olarak serbest veya proteinlere bağlı bulunur.
- Çok fazla su tutma özelliğinden dolayı eklem yüzeylerinde kayganlığı sağlar

Heteropolisakkaridler

Proteoglikanlar

Kondroitin sülfat

- Organizmada A, B, C olmak üzere 3 türü bulunur.
- Kondroitin sülfat A-C
- Bağ dokusunda bulunanlar, çok fazla su tuttukları için bağ dokusunun basınçlara karşı dayanıklı olmasını sağlarlar.

Heteropolisakkaridler

Proteoglikanlar

Keratan sülfat

- Art arda gelen **galaktoz** ve **N-asetil-glukozamin-6-sülfat** ünitelerinden kurulmuşlardır
- Keratan sülfatlar, proteine bağlı olarak bulunurlar.

Heteropolisakkaridler

Proteoglikanlar

Heparin ve Heparan sülfat

- Glukozmain ile idüronik asit veya glukuronattan meydana gelmiştir.
- Heparin, karaciğer, akciğer, timus, dalak, geniş çeperli damarların duvarında ve kanda bulunur; birçok hücrenin yüzeyindedir, fakat mast hücrelerinin hücre içi bileşiğidir.
- Doğal bir antikoagulan olup, protrombinin trombine ve fibrinojenin fibrine dönüşümünü engeller.

Diğer Heteropolisakkaridler

Kan grubu polisakkaritleri

- Genellikle glukozamin ya da galaktozaminden birisi ile basit bir monosakkaritin tekrarlanır biçimde $\beta 1 \rightarrow 3$ ve $\beta 1 \rightarrow 4$ glikozid bağlarıyla birleşmesi sonucu oluşmuş heteropolisakkaritlerdir.
- Kan grubu polisakkaritleri, eritrositlerde, tükürük ve mide mukusu gibi salgılarda, kist sıvılarında ve yeni doğanların dışkıсында bulunurlar.
- Proteinlerle birleşerek A, B, O, Rh gibi eritrosit antijenlerini oluştururlar ve kan gruplarının farklılaşmasını sağlarlar.

Diğer Heteropolisakkaridler

Arap zamkı

- Bitkisel kaynaklı bir heteropolisakkarittir
- Hidroliz edildiğinde galaktoz, arabinoz ya da ksiloz, bazen de bunların bir karışımını verir; ramnoz ve glukuronik asit de içerir.

Türev Karbonhidratlar

Şeker Fosfatlar

Amino Şekerler

Deoksi Şekerler

Şeker Alkolleri

Türev Karbonhidratlar

Şeker Fosfatlar

- Monosakkaridlerin fosforik asit esterleridir.
- Karbonhidrat metabolizmasında ara ürün olarak meydana gelir.
- Riboz fosfat ve Deoksiriboz fosfat; nükleotidler ve nükleik asitlerin yapı taşıdır.
- Glukoz C₁ (glukoz 1-fosfat)ve C₆ (glukoz 6-fosfat) üzerinden fosforile olurlar.

Türev Karbonhidratlar

Şeker Fosfatlar

- Bir başka grup şeker fosfatları olan nükleozid difosfat şekerlerinde monosakkarid, anomerik hidroksil grubu aracılığıyla nükleozid difosfata bağlanmaktadır.
- Bir nükleozid difosfat şekeri olan üridin difosfoglukoz (UDP-glukoz), polisakkaridler ile glikozitlerin sentezinde ve şekerlerin birbirine dönüşümünde kullanılır.

Türev Karbonhidratlar

Amino Şekerler

- Bir monosakkaridin 2. C'undaki hidroksil grubunun amino grubu ile yer değiştirmesi sonucu meydana gelirler.
- D-Glukozamin ve D-Galaktozamin en yaygın amino şekerlerdir.

Türev Karbonhidratlar

Deoksi Şekerler

- Piranoz veya furanoz halkasındaki bir veya daha çok sayıda hidroksil grubu yerine hidrojen bulunmaktadır.
- En iyi bilinen örneği 2-deoksiriboz, deoksiribonükleik asitlerin tekrarlayan birimi olan deoksiribonükleotitlerin yapısal bileşenidir.

Türev Karbonhidratlar

Şeker Alkolleri

- Monosakkaridin karbonil grubunun hidroksil grubuna indirgenmesiyle oluşan polihidroksilik alkollerdir.
- Glukoz → Sorbitol Fruktoz → Sorbitol + Mannitol
- Gliseraldehid → Gliserol
- Sorbitol, sakkarozaya göre %35-60 kadar tatlıdır.

Türev Karbonhidratlar

Şeker Asidleri

- Monosakkaridlerin karbonil ve/veya hidroksil gruplarının karboksil grubuna yükseltgenmesiyle oluşurlar (Aldonik asid, üronik asid).

Türev Karbonhidratlar

Askorbik Asit

- C vitamini olarak da bilinir.
- Kofaktörü bakır olan askorbik asit oksidaz ile askorbik asitten dehidroaskorbik asit oluşur
- Suda çözünür.
- Taze meyve ve sebzelerde olmak üzere doğada yaygındır.
- Kollajen yapısındaki pirolinlerin hidroksilasyonu için gereklidir
- Askorbik asit eksikliği skorbütle sonuçlanır.
- İleri derecede askorbik asit eksikliği, bağ dokusu yapısında değişikliklere ve enfeksiyonlara karşı dirençte azalmaya yol açmaktadır.